

П. Л. Резник¹, Б. В. Овсянников², С. А. Бессонов¹

¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

²Каменск-Уральский металлургический завод, г. Каменск-Уральский
p.l.reznik@urfu.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕРМИЧЕСКИХ ОБРАБОТОК ДЕФОРМИРУЕМОГО АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1200

В работе представлены результаты исследования влияния режимов термической и деформационной обработок слитков алюминиевого сплава 1200 системы Al-Cu-Mn на механические свойства экструдированных полуфабрикатов. Продемонстрирована возможность при сохранении требуемого высокого уровня прочностных характеристик в состоянии полной термической обработки (ТО) прутков снизить температуру и сократить время гомогенизирующей ТО слитков с 530 °C и 12 часов, до 420 °C и 2 часов, с одновременным понижением температуры прессования с 480 до 330 °C.

Ключевые слова: энергоэффективность; термическая обработка; алюминиевый сплав; оптимизация; 1200; Al-Cu-Mn, EDS, механические свойства.

P. L. Reznik¹, B. V. Ovsyannikov², S. A. Bessonov¹

¹Ural Federal University, Ekaterinburg

²Kamensk-Uralsky Metallurgical Works, Kamensk Uralsky

OPTIMIZATION OF HEAT TREATMENT OF DEFORMABLE ALUMINUM ALLOY 1200

The paper presents the results of the study of the influence of the heat and deformation treatment of aluminum alloy 1200 ingots (Al-Cu-Mn system) on the mechanical properties of extruded semi-finished products. For the pressed rods the possibility to decrease the temperature and reduce the time of homogenizing of ingots from 530 °C 12 hours to 420 °C 2 hours, and simultaneously to reduce of the pressing temperature from 480 to 330 °C was demonstrated.

Keywords: energy efficiency; heat treatment; aluminum alloy; optimization; 1200; Al-Cu-Mn, EDS, mechanical properties.

Алюминиевые деформированные сплавы системы Al-Cu-Mn (например, сплавы 1200, 1201), содержащие медь в качестве основного компонента, дополнительно легированные Mn, с микродобавками переходных металлов, находят широкое применение в авиационной и космической технике [1]. Изготовление прессованных прутков из деформируемых алюминиевых сплавов системы Al-Cu-Mn представляет собой сложный, многоступенчатый, энергоемкий процесс [2]. Он включает в себя многочасовую высокотемпературную (выше 500 °С) гомогенизацию слитков, прессование при 480 °С, закалку в воду с температуры выше 500 °С, а также многочасовое старение, что существенно влияет на стоимость экструдированных полуфабрикатов. Однако, такая традиционная технология не обеспечивает стабильно высоких результатов при испытании материала на длительную прочность при повышенной температуре [3, 4]. Для дальнейшего повышения уровня прочностных характеристик и жаростойкости, а также повышения энергоэффективности производства, проведены изыскания возможностей снижения энергоемкости технологии за счет корректировки условий деформации и параметров термической обработки.

В качестве материала исследования служили образцы экструдированных прутков сплава 1200, химический состав которого соответствовал [5]. Изготовленные в условиях ОАО КУМЗ круглые слитки были гомогенизированы при различных температурах (530 °С, 12 ч – традиционный режим; 420 °С, 2 ч – опытный режим) после чего подвергались деформационной обработке прессованием при температурах 330 или 480 °С. Температурные режимы последующих ТО деформированных полуфабрикатов (закалка, старение) не зависели от предыстории образцов.

Результаты испытаний на одноосное растяжение [6], проведенные на Instron 3382, а также на длительную прочность при повышенных температурах под нагрузкой в соответствии с [7], позволили установить следующее. Повышение температуры деформации слитка с 330 до 480 °С, предварительно

гомогенизированного по традиционному режиму, сопровождался повышением временного сопротивления σ_b горячепрессованного прутка на 20 % до 260 МПа. Аналогичная тенденция наблюдалась в случае применения опытного режима гомогенизации, однако, прирост прочности составил лишь 10 %.

Анализ влияния ТО слитка и температуры экструзии на механические свойства деформированного материала в закаленном состоянии (температура закалки – 535 °С) показал, что максимальные значения σ_b (~ 415 МПа) и условного предела текучести $\sigma_{0.2}$ (~ 215 МПа) были достигнуты на прутках, прессованных при повышенной температуре (480 °С), из слитка, гомогенизированного по опытному сокращенному по времени низкотемпературному режиму.

Снижение температуры прессования до 330 °С привело к существенному снижению σ_b (~ 320 МПа) и $\sigma_{0.2}$ (~ 125 МПа) закаленных прутков. Эта зависимость наблюдалась независимо от условий гомогенизации слитков.

Прочностные характеристики состаренных при 200 °С полуфабрикатов близки независимо от температуры деформации и ТО исходных слитков. Дальнейшие испытания на жаропрочность показали, что требуемым уровнем свойств обладали прутки, изготовленные либо при повышенной температуре деформации из слитков после высокотемпературной продолжительной гомогенизации, либо при пониженной температуре деформации из слитков после опытного режима ТО.

Таким образом, проведенные исследования демонстрируют возможность производства из алюминиевого сплава 1200 экструдированных полуфабрикатов с требуемым уровнем прочностных характеристик, применяя энергоэффективные технологические параметры, направленные на сокращение ресурсопотребления за счёт сокращения температуры и времени гомогенизирующей ТО слитков с 530 °С и 12 часов, до 420 °С и 2 часов, а также понижения температуры деформации с 480 до 330 °С.

Список использованных источников

1. Light Alloys: From Traditional Alloys to Nanocrystals / I. J. Polmear. Amsterdam : Elsevier, 2006. 421 p.
2. Handbook of Aluminum: Vol. 2: Alloy Production and Materials Manufacturing / D. E. Totten, D. S. MacKenzie. New York : Marcel dekker, 2003. 735 p.
3. Колобнев Н. И. Жаростойкость деформируемых алюминиевых сплавов // Авиационные материалы и технологии. 2016. № 1. С. 32–36.
4. Reznik P. L., Lobanov M. L. Influence of Al-Cu-Mn-Fe-Ti alloy composition and production parameters of extruded semi-finished products on their structure and mechanical properties // Solid State Phenomena. 2017. V. 265. P. 456–462.
5. ГОСТ 4784–97. Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Введ. 2000-07-01. М. : Стандартиформ, 2009. 20 с.
6. ГОСТ 1497-84. Металлы. Метод испытания на растяжение. Введ. 1986-01-01. М. : Стандартиформ, 2005. 24 с
7. ГОСТ 10145-81. Металлы. Метод испытания на длительную прочность. Введ. 1982-07-01. М. : Изд-во стандартов, 1981. 11 с.